

**PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SISAL
UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL**

SKRIPSI

Oleh :

**ISMYA HANIFA KHURUROH
155090300111014**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SISAL
UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Fisika

Oleh :

**ISMYA HANIFA KHURUROH
155090300111014**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
PROPOSAL SKRIPSI**

**PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SISAL
UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL**

Oleh :

**Ismiya Hanifa Khururoh
155090300111014**

**PROGRAM STUDI : S1 FISIKA
Malang,**

Pembimbing I

Pembimbing II

**Gancang Saroja, S.Si., M.T.
NIP. 197711182005011001**

**Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si
NIP. 195606171986022001**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Fisika
Jurusan Fisika FMIPA UB**

**Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN

Nama : Ismya Hanifa Khururoh
NIM : 155090300111014
Program Studi : Fisika
Penulis skripsi berjudul :

PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SISAL UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL

Dengan ini menyatakan:

- 1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.**
- 2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,

Yang menyatakan,

Ismya Hanifa Khururoh

NIM. 155090300111014

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SISAL UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL

ABSTRAK

Pemanfaatan komposit berpenguat serat alam dengan matriks resin epoxy memiliki sifat degradasi yang baik terhadap lingkungan sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya yakni bidang industri perkapalan. Komposit yang digunakan dalam bidang industri perkapalan selain memiliki sifat tersebut, juga harus memenuhi nilai standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Salah satu *filler* komposit serat alam yang dapat dimanfaatkan adalah serat Agave sisal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi volume *filler* dan matriks terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Fraksi volume *filler* dan matriks yang digunakan adalah 50:50, 52:48, 54:46, 56:44, 58:42, 60:40 dan 62:38. Metode pembuatan kompositnya adalah metode *hand lay-up*. Dalam penelitian ini, digunakan serat tanpa perlakuan dan serat dengan perlakuan alkalisasi NaOH 5% yang dilanjutkan dengan perlakuan microwave 450 watt selama 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan fraksi volume bahan 62:38 dan komposit dengan perlakuan serat menghasilkan sifat mekanik yang paling tinggi. Sifat-sifat mekanik tersebut antara lain kuat tarik, modulus elastisitas tarik, kuat bending dan modulus elastisitas bending dengan nilai masing-masing sebesar $(70,148 \pm 5,798)$ MPa, $(1932,593 \pm 183,964)$ MPa, $(156,332 \pm 19,717)$ MPa dan $(3477,848 \pm 737,990)$ MPa. Nilai yang telah diperoleh hanya memenuhi satu standar BKI yakni pada karakteristik mekanik kuat bending.

Kata kunci: Komposit, Serat Sisal, Fraksi Volume, Sifat Mekanik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE INFLUENCE OF MATERIALS VOLUME FRACTION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SISAL FIBER COATING COMPOSITE FOR SHIP LIGHT APPLICATION

ABSTRACT

The utilization of composites that produce natural fibers with resin epoxy matrix have good degradation properties to the environment, one of them is shipping industrial field. The characteristic of composite should have the BKI standard too. One type of natural fiber that can be used is sisal Agave fiber. The aim of this research is to study about the influence of variation composition between filler and matrix volume fraction to the mechanical properties of composites that are produced. The volume filler and matrix fractions that used are 50:50, 52:48, 54:46, 56:44, 58:42, 60:40 and 62:38. Beside that, the method for making composites is hand lay-up method. In this study, made by using untreated fiber and fiber with 5% NaOH alkalization then processed with 450 watt microwave for 15 minutes. The results showed that composites with 62:38 volume fraction and composites with fiber treatment produced the highest mechanical properties. The mechanical properties are tensile strength, tensile elastic modulus, flexural strength and flexural modulus with respective values of $(70,148 \pm 5,798)$ MPa, $(1932,593 \pm 183,964)$ MPa, $(156,332 \pm 19,717)$ MPa and $(3477,848 \pm 737,990)$ MPa. The value obtained only one BKI standard determined based on mechanical characteristics of flexural strength.

Keywords: Composite, Sisal Fiber, Fraction Volume, Mechanical Properties.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Fraksi Volume Bahan terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Sisal untuk Aplikasi Lambung Kapal”** sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains dengan baik dan penuh tanggungjawab. Terwujudnya proposal ini tentunya tak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah yang tiada henti.
2. Gancang Saroja, S.Si., M.T selaku dosen pembimbing I atas waktu yang telah diberikan untuk memberikan bimbingan, ilmu dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
3. Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si selaku dosen pembimbing II atas waktu yang telah diberikan untuk memberikan bimbingan, ilmu dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
4. Dr.rer.nat Abdurrouf, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan di dunia perkuliahan.
5. Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika dan seluruh dosen jurusan Fisika atas ilmu yang diberikan.
6. Orangtua yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada anak-anaknya.
7. Nenek dan kakek yang selalu memberikan semangat hidup untuk menjadi manusia yang berguna dan lebih baik.
8. Seluruh teman-teman Fisika dan Pramuka yang banyak memberikan bantuan, ilmu dan berbagai pengalaman yang sangat berkesan.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karenanya, dengan rendah hati dan dengan tangan terbuka penulis menerima kritik dan

saran guna menyempurnakan proposal ini dan semoga dapat bermanfaat bagi semua orang yang membaca.

Malang,

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Komposit	5
2.2 Serat Alam	6
2.3 Serat Sisal	7
2.4 Matriks Epoxy	9
2.5 Metode <i>Hand Lay-up</i>	10
2.6 Standart Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)	10
2.7 Natrium Hidroksida	11
2.8 <i>Microwave</i>	11
2.9 Mikroskop Optik	12
2.10 Uji Tarik	12
2.11 Uji Bending	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15

3.2.1	Alat	15
3.2.2	Bahan	15
3.3	Prosedur Penelitian	15
3.3.1	Preparasi Sampel	15
3.3.2	Penentuan Densitas	16
3.3.3	Pembuatan Cetakan	16
3.3.4	Penentuan Fraksi Volume	17
3.3.5	Perlakuan Serat	19
3.3.6	Pembuatan Komposit	20
3.4	Pengujian Sampel	21
3.4.1	Uji Tarik	21
3.4.2	Uji Bending	23
3.4.3	Pengamatan Mikroskop Optik	24
3.5	Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil Preparasi Serat Sisal	27
4.2	Hasil Alkalisasi dan Pengeringan Microwave pada Serat	27
4.3	Hasil Pembuatan Laminat	29
4.4	Hasil Pembuatan Komposit	30
4.5	Hasil Pengujian	31
4.5.1	Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal	32
4.5.2	Hasil Pengujian Tarik Komposit	32
4.5.3	Hasil Pengujian Bending Komposit	39
4.5.4	Hasil Pengamatan Mikroskop Optik	44
4.5.5	Hasil Densitas Komposit	45
4.5.6	Perbandingan Hasil Pengujian terhadap Standar BKI	46
BAB V PENUTUP		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Serat sisal	7
Gambar 2.2 Peta wilayah pengembangan Agave di beberapa kabupaten Jawa Timur (Santoso, 2009)	9
Gambar 2.3 Metode <i>hand lay-up</i>	10
Gambar 2.4 Sampel uji tarik (ASTM D638-03a)	12
Gambar 2.5 Sampel uji tarik serat tunggal standar JIS R7601 (Suryanto, 2014)	13
Gambar 2.6 (a) <i>Three point bending</i> & (b) <i>four point bending</i> (Khamid, 2011)	14
Gambar 3.1 Bentuk sampel uji bending standar ASTM D790-03	16
Gambar 3.2 Cetakan uji tarik sampel serat tunggal standar JIS R7601	17
Gambar 3.3 Serat sisal (a) proses alkalisasi NaOH dan (b) persiapan pengeringan microwave	20
Gambar 3.4 Proses pembuatan sampel komposit (a) uji tarik dan (b) uji bending	21
Gambar 3.5 Proses uji tarik sampel (a) komposit dan (b) serat tunggal	22
Gambar 3.6 Proses uji bending sampel komposit	23
Gambar 3.7 Pengamatan mikroskop optik	24
Gambar 3.8 Diagram alir penelitian	25
Gamabr 4.1 Serat sisal (a) sebelum dibersihkan dan (b) setelah dibersihkan.....	27
Gambar 4.2 Serat yang telah dilakukan proses perendaman dengan larutan NaOH 5%	28
Gambar 4.3 Serat yang telah dilakukan proses pengeringan pada microwave dengan daya 450 watt	29
Gambar 4.4 Laminat serat sisal (a) tanpa perlakuan dan (b) dengan perlakuan	29
Gambar 4.5 Laminat serat sisal (a) orientasi 45°/−45° dan (b) 0°	30

Gambar 4.6 Bagian sampling sampel komposit	30
Gambar 4.7 Komposit sampel uji tarik (a) tanpa perlakuan (b) dengan perlakuan	31
Gambar 4.8 Komposit sampel uji bending (a) tanpa perlakuan (b) dengan perlakuan	31
Gambar 4.9 Grafik data nilai kuat tarik komposit	34
Gambar 4.10 Grafik data nilai regangan komposit	37
Gambar 4.11 Grafik data nilai modulus elastisitas komposit	39
Gambar 4.12 Grafik data nilai kuat bending komposit	41
Gambar 4.13 Grafik data nilai modulus elastisitas bending komposit	43
Gambar 4.15 Permukaan komposit sampel K_5 pengulangan kedua	44
Gambar 4.16 Patahan komposit sampel K_6 pengulangan ketiga	44
Gambar 4.17 Cacat pada komposit sampel K_2 pengulangan ketiga	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanis serat alami (Daulay, 2014)	6
Tabel 2.2 Serat alam berdasarkan susunan dan sumber (Noerati, 2013)	7
Tabel 2.3 Sifat fisik dan kimia serat sisal (Arthanarieswaran, 2014)	8
Tabel 2.4 Klasifikasi sifat mekanis lambung kapal menurut BKI	11
Tabel 3.1 Komposisi fraksi volume komposit	18
Tabel 3.2 Perhitungan massa bahan komposit uji tarik	18
Tabel 3.3 Perhitungan massa bahan komposit uji bending	19
Tabel 4.1 Data hasil pengujian mekanik serat tunggal	32
Tabel 4.2 Data nilai kuat tarik komposit	33
Tabel 4.3 Data nilai regangan komposit	36
Tabel 4.4 Data nilai modulus elastisitas komposit	38
Tabel 4.5 Data nilai kuat bending komposit	40
Tabel 4.6 Data nilai modulus elastisitas bending komposit	42
Tabel 4.7 Data hasil pengukuran densitas	45

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah Indonesia adalah perairan, sehingga transportasi laut memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Transportasi laut tersebut adalah kapal. Kapal memiliki fungsi sebagai jasa pengangkut barang maupun penumpang. Selain itu, penggunaan kapal juga sering dimanfaatkan dalam bidang industri, pertambangan dan perdagangan. Hal tersebut mengakibatkan produksi kapal semakin meningkat tiap tahunnya.

Seiring dengan bertambahnya produksi kapal, kebutuhan bahan bakunya pun semakin meningkat. Sementara itu, harga bahan baku pembuatan badan kapal dan alat-alatnya memiliki tarif yang cukup mahal. Di samping itu, bahan baku seperti kayu memiliki perawatan dengan biaya yang tidak murah dan juga besi serta baja yang tidak ramah lingkungan.

Karakteristik penting yang harus dimiliki material badan kapal adalah dapat memiliki ketahanan terhadap korosi akibat terpaan air laut. Untuk mengatasinya, terdapat penemuan material pembuatan lambung kapal. Material tersebut adalah komposit yang merupakan perpaduan antara dua atau lebih dari suatu material. Satu material berfungsi sebagai penguat dan material lainnya berfungsi sebagai pengikat. Material ini memiliki beberapa kelebihan yakni, harga yang relatif murah dan tahan terhadap korosi serta abrasi air laut. Namun, jenis material pengganti yang digunakan adalah material berpenguat sintetis sehingga bukanlah solusi yang baik untuk digunakan. Material berpenguat sintetis ini memiliki sifat yang dapat mencemari lingkungan karena tidak dapat diurai oleh bakteri pengurai. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian kembali untuk bahan pengganti, yakni dengan menggunakan material serat alam.

Pemanfaatan material komposit berpenguat serat alam dapat dijadikan salah satu solusi untuk mengefisienkan pembuatan material lambung kapal. Material ini dapat mengangkat nilai ekonomis dan ekologis karena dapat diperbaharui dan lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan serat alam telah dilakukan oleh Julian (2008) dengan menggunakan serat pisang abaka sebagai material komposit dalam pembuatan lambung kapal. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai *Modulus of Bending Strength* telah melampaui standar

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Namun untuk nilai *Tensile Strength*, *Modulus of Tensile Elasticity* dan *Bending Strength* belum memenuhi. Cara yang dapat dilakukan untuk memenuhi standar tersebut adalah memanfaatkan serat alam lain yang memiliki sifat yang baik dan kuat. Hal tersebut dapat diupayakan dengan menambahkan proses alkalisasi pada serat.

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki serat alam melimpah, salah satunya adalah serat dari tanaman *Agave sisalana* atau sisal. Tanaman ini banyak dibudidayakan di wilayah Madura, Malang selatan, Jember, Blitar selatan dan kabupaten Sumbawa. Bagian yang sering dimanfaatkan pada tanaman sisal adalah serat daunnya karena memiliki sifat mekanik yang kuat dan tahan terhadap kadar garam yang tinggi (Santoso, 2009).

Perlakuan pada bahan telah banyak dilakukan untuk meningkatkan karakteristik mekaniknya. Contohnya adalah pada penelitian Rafflesia (2018) yang menggunakan alkalisasi NaOH konsentrasi 5% dan pengeringan microwave selama 15 menit pada serat serabut kelapa. Hasil perlakuan tersebut dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 68,35%. Selain itu, Niken (2014) telah melakukan penelitian pada ampas tebu. Dengan penambahan NaOH konsentrasi 3 M dan pengeringan microwave selama 40 menit dapat memaksimalkan proses degradasi lignin pada bahan sehingga sifat mekaniknya dapat meningkat. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Sandi (2015) yakni dengan melakukan alkalisasi NaOH 5% pada serat bulu kambing. Dengan penambahan proses tersebut dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 62,59%. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan perlakuan alkali dengan larutan NaOH dan pengeringan menggunakan microwave pada serat sisal maupun tanpa perlakuan serat untuk meningkatkan sifat mekanik komposit sehingga dapat memenuhi standar Biro Klasifikasi Indonesia dan dapat digunakan sebagai material pembuatan lambung kapal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume bahan pada pembuatan komposit berpenguat serat sisal terhadap sifat mekaniknya?
2. Bagaimana hasil pengujian sifat mekanik serat sisal terhadap standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Didapatkan analisis hasil uji mekanik komposit berpenguat serat sisal akibat pengaruh variasi fraksi volume bahan.
2. Diperoleh analisis perbandingan hasil pengujian sifat mekanik komposit terhadap standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan atas manfaat dari pengaruh variasi fraksi volume komposit berpenguat serat sisal dalam upaya peningkatan sifat mekanik material sebagai alternatif untuk pembuatan bahan lambung kapal.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Alkalisasi NaOH yang digunakan hanya sebesar 5%.
2. Ukuran diameter *filler* komposit diabaikan.
3. Tidak dilakukan pengujian kadar air.
4. Tidak dilakukan pengujian kimiawi pada *filler* dan matriks.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Komposit

Komposit merupakan kombinasi antara dua atau lebih material yang dipadukan untuk menciptakan material yang lebih fungsional. Komposit terdiri dari dua jenis material yakni matriks dan *filler*. Material *filler* merupakan material yang akan dibuat sebagai bahan baku pengisi suatu komposit. Fungsi dari *filler* adalah sebagai penahan ketika komposit dikenai suatu beban karena sifatnya yang kaku dan kuat. Sedangkan material matriks difungsikan sebagai perekat dan penguat dari komposit itu sendiri karena memiliki sifat yang mudah dibentuk (Agung, 2012). Komposit memiliki 3 jenis klasifikasi berdasarkan morfologi penguatnya.

1. Komposit Partikulat

Komposit yang memiliki penguat berbentuk butir, kerikil, pasir.

2. Komposit Serat

Pada komposit berpenguat serat, terdapat komponen ketiga yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan perekatan terhadap serat dan matriks yang digunakan.

3. Komposit Laminat

Komposit berpenguat lembaran, kain, kertas (Delly. 2016).

Komposit berlapis (*Laminates Composite Materials*) adalah hasil perpaduan material komposit yang penyusunannya bergantung dari orientasi yang digunakan. Komposit ini menggunakan paling sedikit 2 macam jenis komposit yang direkatkan secara bersamaan. Beberapa jenis komposit berlapis antara lain:

1. Laminasi Simetri

Karakteristik dari laminasi ini adalah setiap lapisannya bercermin pada jarak tidak berubah dari *midplate* dan tidak terjadi proses *coupling* antara gaya normal dan deformasi dengan momen tekuknya.

2. Laminasi Asimetri

Layer pada jenis laminasi ini memiliki cara penyusunan yang dilakukan dengan menggunakan orientasi positif dan negatif.

3. Laminasi Antisimetri

Laminasi ini menggunakan cara penyusunan orientasi yang berkebalikan terhadap *midplatenya* (Effendi, 2015).

2.2 Serat Alam

Saat ini, penggunaan serat alam telah banyak digunakan karena nilai ekonomisnya yang rendah. Selain harga serat alam yang murah, serat alam juga memiliki sifat mudah diproses, nilai densitasnya rendah, ramah lingkungan dan dapat diurai oleh bakteri pengurai karena sifat mekanisnya yang cukup baik.

Tabel 2.1 Sifat mekanis serat alami (Daulay, 2014).

Serat	Kekuatan Tarik (MPa)	Elongation at Break (%)	Kekerasan (MPa)
Mesocarp sawit	80	17	500
Sabut kelapa	140	25	3.200
Pisang	540	3	816
Sisal	580	4,3	1.200

Terdapat banyak jenis serat alam berdasarkan pengelompokkan susunan dan sumber yang dapat dilihat pada Tabel 2.2. Sehingga serat alam kini telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang yakni bidang otomotif, konstruksi dan bidang lainnya (Kusumastuti, 2009).

Tabel 2.2 Serat alam berdasarkan susunan dan sumber (Noerati, 2013).

Jenis Serat	Serat	Sumber
Selulosa	Kapas	Biji buah Kapas
	Kapuk	Biji Kapuk
	Serat Nanas	Batang tanaman Nanas
	Jute	Batang tanaman Jute
	Flax/Linen	Batang tanaman Flax
	Rami	Batang tanaman Rami
	Sisal	Daun tanaman Agava
	Sabut	Sabut kelapa
Protein	Silk	Cocoon ulat sutera
	Wool	Bulu biri-biri
Mineral	Serat Asbes	Magnesium, kalsium dan silikat

2.3 Serat Sisal

Dari berbagai macam jenis serat alam, salah satu serat yang banyak dimanfaatkan adalah sisal. Sisal merupakan tanaman yang bagian daun dan batangnya menyatu. Serat ini dapat diperoleh dari proses ekstraksi bagian daun tanaman *Agave sisalana* dengan panjang serat sekitar 1 – 1,5 meter berdiameter 100 – 300 mm (Bisanda, 1991). Negara penghasil serat sisal terbesar adalah berasal dari Brazil. Namun negara Indonesia sendiri dapat menghasilkan serat sisal hingga dalam jumlah 500 ton per tahunnya (Basuki, 2017). Serat sisal memiliki kekuatan yang cukup tinggi, tahan lama, elastisitas tinggi dan afinitas terhadap zat pewarna yang baik. Oleh karena itu, serat sisal biasanya digunakan sebagai tali, benang, panel atap tahan api, bahan pelapis, macam-macam kerajinan dan karpet (Kusumastuti, 2009).



Gambar 2.1 Serat sisal.

Umumnya selembaar daun sisal memiliki berat kurang lebih 600 gram, sehingga dapat diperoleh 1000 helai serat sisal. Sifat fisik dan kimia serat sisal dapat dilihat pada Tabel 2.5. Variasi dari sifat-sifat tersebut bergantung pada asal penanaman tanaman, umur serat dan metode pengukuran yang dilakukan. Terdapat tiga tipe serat sisal yakni:

1. Serat Mekanis

Serat mekanis diperoleh dari pengestrakan bagian tepi daun Agave. Tekstur serat ini kasar dan tebal.

2. Serat *Ribbon*

Serat *ribbon* dihasilkan dari bagian tengah daun Agave dan memiliki sifat yang sangat kuat. Tipe serat ini menghasilkan serat berukuran terpanjang dibandingkan tipe yang lainnya.

3. Serat *Xylem*

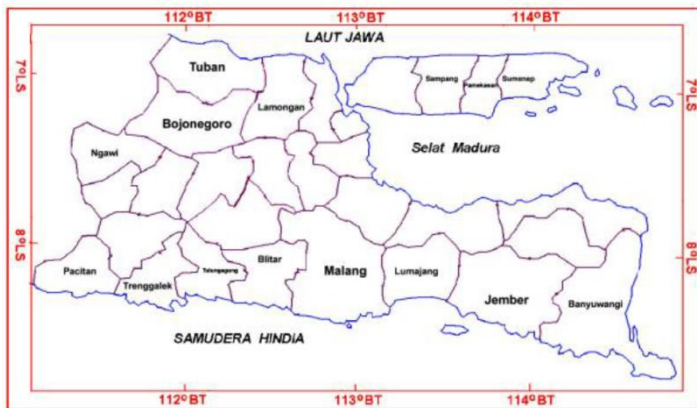
Serat tipe ini diekstrak dari daun yang masih muda dan memiliki ukuran yang lebih pendek, bertekstur halus dan kekuatannya lemah (Kusumastuti, 2009).

Tabel 2.3 Sifat fisik dan kimia serat sisal (Arthanarieswaran, 2014).

Properti	Nilai
Densitas (g/cm^3)	1,450
Flexural modulus (GPa)	13,5
Tensile strength (MPa)	670
Young's modulus (GPa)	37
Elongation at break (%)	2,4
Selulosa (%)	66
Hemi Selulosa (%)	13
Lignin (%)	10
Kadar air (%)	10

Di Jawa Timur, Indonesia terdapat 15 kabupaten yang melakukan pengembangan atau budidaya tanaman Agave. Wilayah ini memiliki karakteristik tanah yang nilai kesuburannya rendah, berbatu, berkapur dan memiliki iklim kering. Wilayah tersebut antara lain kabupaten Banyuwangi, Blitar, Bojonegoro, Jember, Lamongan,

Lumajang, Malang, Ngawi, Pacitan, Pamekasan, Sampang, Sumenep, Tulungagung dan Trenggalek (Santoso. 2009).



Gambar 2.2 Peta wilayah pengembangan Agave di beberapa kabupaten Jawa Timur (Santoso, 2009).

2.4 Matriks Epoxy

Epoxy merupakan jenis polimer termoset dan banyak digunakan untuk bahan perekat suatu material. Bahan resin epoxy memiliki keunggulan daripada resin jenis lain yaitu memiliki sifat mekanik dan termal yang baik, tahan terhadap air, penyusutan yang rendah, tahan terhadap perlakuan temperatur hingga 220° dan terhadap bahan-bahan kimia, tahan lama meskipun digunakan dalam jangka waktu yang lama, sifat kelistrikan baik dan daya lekat logam yang baik. Selain itu, gugus kimia yang dimiliki resin epoxy adalah $C = C, O - H, C - H$. Karena terdapat gugus $O - H$ dapat diketahui bahwa epoxy ini dapat berinteraksi dengan gugus yang ada di serat lainnya. Secara umum, epoxy digunakan pada bidang otomotif, perkapalan, *aerospace* dan peralatan-peralatan elektronik (Liu. 2004).

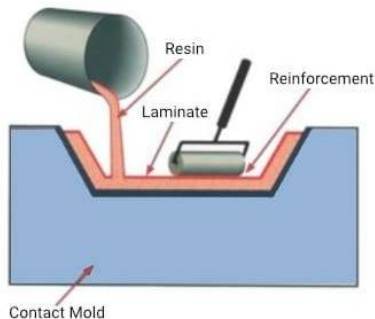
Resin epoxy memiliki bentuk yang hampir padat dan dapat direaksikan dengan *hardener* untuk membentuk polimer *crosslink*. Umumnya resin ini merupakan senyawa poliamida dan memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan *polyester* pada keadaan basah. Namun resin epoxy tidak dapat tahan dalam keadaan

asam. Dalam perencanaan proses pencetakan antara komposisi dengan matriks resin epoxy harus memperhatikan hal-hal berikut:

1. Terjadi penyusutan yang relatif kecil pada saat pengawetan.
2. Pengukuran dapat dilakukan dalam suhu ruang dan waktu yang optimal.
3. Viskositas komposit epoxy rendah dan dapat dilakukan penyesuaian terhadap material penyangga.
4. Perolehan sifat adesif yang baik dengan material penyangga (Daulay, 2014).

2.5 Metode *Hand Lay-up*

Metode *Hand Lay-up* merupakan metode paling sederhana dalam pembuatan komposit. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu kamar dan menggunakan metode terbuka. Caranya adalah dengan menuangkan resin menggunakan tangan ke dalam serat yang digunakan. Kemudian diberi tekanan dan diratakan menggunakan rol atau kuas. Proses ini dilakukan berulang-ulang hingga volume yang diinginkan tercapai. Resin yang sering digunakan pada metode ini adalah resin poliester dan resin epoxy (Matthew, 1994).



Gambar 2.3 Metode *hand lay-up*. (Matthew, 1994).

2.6 Standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Standar yang digunakan dalam pembuatan bahan lambung kapal adalah mengacu pada standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), *Rule for Hull Construction and Equipment*.

Tabel 2.4 Klasifikasi sifat mekanis lambung kapal menurut BKI.

Properties	Standart BKI (kg/mm^2)	Standart BKI (N/mm^2)
<i>Tensile strength</i>	10	98
<i>Modulus of tensile elasticity</i>	700	6860
<i>Bending strength</i>	15	147
<i>Modulus of bending elasticity</i>	700	6860

2.7 Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida atau NaOH merupakan senyawa kimia yang terbentuk dari oksida basa. Apabila dilarutkan dalam H₂O atau air maka, akan membentuk larutan alkalin yang bersifat kuat (Prasetya, 2012). Proses ini dinamakan sebagai alkalisasi atau perendaman yang bertujuan untuk memodifikasi permukaan agar didapatkan peningkatan kualitas sifat mekanik. Apabila diaplikasikan pada komposit serat alam maka, kompatibilitas antara *filler* dan matriks akan lebih baik. Hal tersebut dikarenakan proses alkalisasi akan mengikis komponen-komponen serat yang tidak diperlukan dan menghambat kekuatannya. Komponen tersebut adalah hemiselulosa dan lignin. Semakin sedikit hemiselulosa dan lignin suatu serat maka, perekatan matriks akan maksimum dan permukaan serat akan semakin kasar sehingga kekuatan yang dimiliki serat semakin meningkat.

2.8 Microwave

Microwave menggunakan radiasi gelombang mikro dengan panjang gelombang $10^{-2} - 3.10^{-2}$ meter sebagai energinya. Biasanya alat ini digunakan untuk memasak maupun mengeringkan suatu makanan atau beberapa macam benda dengan melewati radiasi pada molekul-molekulnya. Energi elektromagnetik dapat diserap oleh molekul yang bersifat elektrik dipol. Muatan positif dan negatifnya akan menghasilkan medan elektrik yang dapat berputar

untuk menghasilkan posisi sejajar antara satu sama lain sehingga muncul energi panas akibat gesekan dari pergerakannya.

Setiap bahan akan memiliki cara masing-masing dalam berinteraksi dengan energi dari gelombang mikro, dapat melalui penyerapan, pantulan atau transmisi. Terdapat tiga macam cara suatu bahan dalam melakukan perpindahan energi yakni, konduksi, konveksi dan radiasi. Pada proses konduksi perpindahan panas diakibatkan dari kontak langsung dengan sumber. Berbeda dengan konveksi yang terjadi karena adanya sumber dari sekitar yang kemudian diteruskan pada suatu objek melalui perambatan energi dari permukaan hingga ke dalam. Kemudian radiasi yang dapat terjadi karena adanya gelombang elektromagnetik sehingga dapat menggerakkan molekul-molekul (Kingston, 1997).

2.9 Mikroskop Optik

Mikroskop optik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengamati suatu objek yang berukuran kecil atau mikro dengan menggunakan gelombang cahaya sebagai sumbernya. Terdapat tiga lensa yang membantu prinsip kerja mikroskop ini yakni, lensa obyektif, lensa okuler dan kondensor. Pada lensa kondensor, sumber cahaya akan menerangi objek dan lensa-lensa yang lain. Hasil dari pantulan dan penerusan cahaya akan mengakibatkan struktur dari objek dapat diamati (Koesmadji, 1999).

2.10 Uji Tarik

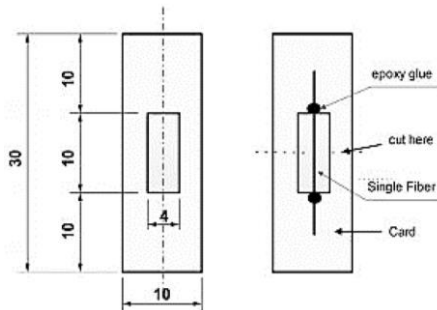
Uji tarik memiliki tujuan untuk menghasilkan nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas suatu material. Cara pengujian tarik adalah dengan pemberian beban kepada sampel hingga sampel tersebut mengalami patahan.

Standar yang digunakan pada uji tarik komposit adalah ASTM D dan ukuran sampel untuk pengujian tarik menggunakan jenis ASTM D638-03a sesuai pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sampel uji tarik ASTM D638-03a.

Sedangkan pada serat tunggal, pengujian mengacu pada standar Japan Industrial Standard (JIS R7601) seperti pada Gambar 2.5.



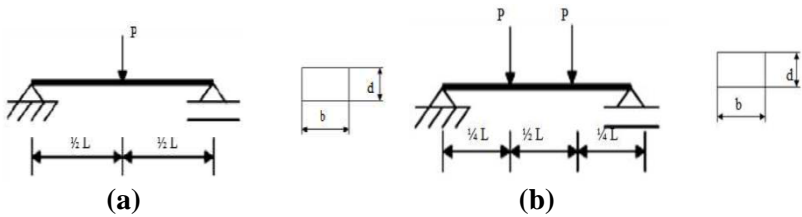
Gambar 2.5 Sampel uji tarik serat tunggal standar JIS R7601 (Suryanto, 2014).

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan uji tarik karena dapat mempengaruhi nilai kuat tarik pada suatu material, diantaranya adalah temperatur atau suhu, kelembaban dan laju tegangan. Temperatur atau suhu dapat mempengaruhi kualitas kuat tarik karena semakin tinggi suhu suatu material, maka nilai kuat tariknya akan semakin rendah. Begitu pula pada kelembaban, faktor ini dapat mengakibatkan material menyerap air secara berlebih, sehingga nilai regangan patahnya semakin tinggi. Akibat hal tersebut, nilai modulus elastisitas dan tegangan patahnya akan semakin rendah. Sebaliknya pada laju tegangan, apabila suatu material memiliki laju tegangan yang kecil maka, material tersebut akan mengalami pertambahan panjang sehingga modulus elastisitas yang dihasilkan akan bernilai rendah (Kurniawan, 2012).

2.11 Uji Bending

Pengujian bending merupakan proses pengujian untuk mengetahui kekuatan suatu material akibat pemberian beban. Selain itu, pengujian ini memiliki dua macam cara yakni *three point bending* dan *four point bending*. Pada *three point bending*, pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 titik tumpuan pada bagian bawah sampel uji dan 1 titik penekan pada bagian atas. Tidak jauh berbeda dengan metode *four point bending* yang menggunakan 2 titik tumpuan dan 2 titik penekan. Penekan ini akan memberikan gaya tekan pada sampel sehingga kekuatan yang dimiliki harus lebih besar

daripada sampel uji. Oleh karena luas penampang sampel memiliki hubungan dengan gaya maka, besar tekanan alat uji harus diperhatikan.



Gambar 2.6 (a) *Three point* & (b) *four point bending* (Khamid, 2011).

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya yang dimulai pada bulan Juli 2019. Sedangkan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dan Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada bulan Agustus 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sisir, penggaris, gunting, timbangan digital, kuas, *microwave* Samsung ME731, selotip, kertas karton, gelas plastik, gelas *beaker* 250ml dan 600ml, gelas ukur 50ml, sarung tangan, plastik mika, amplas, *aluminium foil*, alat suntik 10ml, jangka sorong, micrometer skrup, mikroskop optik Olympus BX51, alat uji tarik Strength ZP Recorder 50 N Imada, alat uji tarik Controlab TN20MD dan alat uji bending Controlab TN20MD.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain serat sisal, matriks (resin epoxy dan hardener), NaOH, aquades, lem PVAc (*polyvibyl acetate*), *silicon rubber*, katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* dan cairan tiner.

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan yaitu persiapan sampel, penentuan densitas, pembuatan cetakan sesuai standar sampel uji, penentuan fraksi volume *filler* dan matriks, perlakuan sampel, pembuatan komposit dan pengujian serat tunggal maupun komposit.

3.3.1 Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini merupakan serat sisal yang dibudidayakan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) di Karangploso, kabupaten Malang. Serat yang

didapatkan dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang menempel lalu dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam pada suhu 80°C.

3.3.2 Penentuan Densitas

Densitas atau massa jenis dari serat sisal dan komposit dihitung masing-masing sebanyak tiga kali. Mula-mula massa serat sisal disiapkan sebanyak 10 gram. Setelah itu dimasukkan pada gelas *beaker* yang telah berisi 250ml aquades sehingga akan terjadi pertambahan volume yang ditunjukkan pada skala gelas tersebut. Pertambahan volume yang didapatkan kemudian dimasukkan pada gelas ukur 50 ml. Dari perbandingan massa dengan volume yang diperoleh pada gelas ukur tersebut maka akan diketahui densitasnya melalui persamaan 3.1. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui nilai kerapatan serat sisal yang kemudian akan digunakan untuk menentukan komposisi pembuatan komposit. Sama halnya pada komposit, penentuan densitas menggunakan metode Archimedes.

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}} \text{ (g/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.1)$$

3.3.3 Pembuatan Cetakan

Pembuatan cetakan sampel komposit menggunakan bahan akrilik dan *silicon rubber* dengan ketebalan 6 mm. Bentuk cetakan disesuaikan dengan standar uji tarik dan uji bending. Pada uji bending, cetakan dibuat menggunakan model *three point bending* dengan standar ASTM D790-03, sesuai pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bentuk sampel uji bending standar ASTM D790-03.

Untuk uji tarik, cetakan yang dibuat mengacu pada model ASTM D638-03a tipe I dengan panjang 165 mm dan tebal 6 mm, sesuai pada Gambar 2.4. Sedangkan untuk cetakan uji tarik serat tunggal mengacu pada standar JIS R7601 yang dibuat menggunakan kertas HVS sesuai pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cetakan uji tarik sampel serat tunggal standar JIS R7601.

Mula-mula dibuat cetakan dari kertas karton dengan ukuran 45cm x 35cm x 7cm. Akrilik yang ukurannya telah sesuai dengan standar uji tarik dan uji bending ditempel pada kertas karton tersebut. Lalu, *silicon rubber* dicampur dengan katalis menggunakan komposisi 1:10 dan diaduk hingga homogen. Kemudian dituangkan pada kertas karton secara merata. Setelah itu, dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam.

3.3.4 Penentuan Fraksi Volume

Penentuan fraksi volume dilakukan dengan menentukan perbandingan volume *filler* (pengisi) dengan matriks (penguat). Proses ini akan berpengaruh dalam karakteristik mekanik komposit yang dihasilkan. Bahan pengisi atau *filler* yang digunakan adalah serat sisal. Sedangkan bahan yang digunakan untuk penguat *filler* yakni matriks resin epoxy dengan *hardener*nya. Komposisi yang akan digunakan dihitung melalui persamaan 3.2 untuk menentukan fraksi volume *filler* dan persamaan 3.3 untuk menentukan fraksi volume matriks.

$$Fraksi_{filler}(\%) = \frac{Volume_{filler}}{Volume_{filler} + Volume_{matriks}} \times 100\% \dots\dots(3.2)$$

$$Fraksi_{matriks}(\%) = \frac{Volume_{matriks}}{Volume_{filler} + Volume_{matriks}} \times 100\% \dots\dots(3.3)$$

Fraksi volume *filler* dan matriks ditentukan pada Tabel 3.1. Dari ketentuan tersebut dapat diketahui massa *filler* dan matriks yang akan digunakan untuk pembuatan komposit uji tarik dan uji bending melalui persamaan 3.4.

Tabel 3.1 Komposisi fraksi volume komposit.

Sampel	Fraksi Volume (%)	
	<i>Filler</i>	Matriks
K ₁	50	50
K ₂	52	48
K ₃	54	46
K ₄	56	44
K ₅	58	42
K ₆	60	40
K ₇	62	38

$m = V \times f \times \rho \dots\dots\dots(3.4)$

- Keterangan: *m* = massa (kg)
V = volume bahan (m³)
f = fraksi bahan (%)
ρ = densitas bahan (kg/m³)

Dengan menggunakan persamaan 3.4 dan densitas bahan yang telah diketahui, maka dapat ditentukan massa bahan yang akan digunakan untuk pembuatan sampel komposit uji tarik dan uji bending.

Tabel 3.2 Perhitungan massa bahan komposit uji tarik

Volume Komposit (cm3)	Filler			Matriks		
	Fraksi	Volume (cm ³)	Massa (g)	Fraksi	Volume	Massa (g)
13.10	50%	6.55	1.85	50%	6.55	7.33
	52%	6.81	1.92	48%	6.29	7.04
	54%	7.07	1.99	46%	6.03	6.74
	56%	7.34	2.07	44%	5.76	6.45
	58%	7.60	2.14	42%	5.50	6.16
	60%	7.86	2.22	40%	5.24	5.86

	62%	8.12	2.29	38%	4.98	5.57
--	-----	------	------	-----	------	------

Tabel 3.3 Perhitungan massa bahan komposit uji bending.

Volume Komposit (cm ³)	Filler			Matriks		
	Fraksi	Volume (cm ³)	Massa (g)	Fraksi	Volume (cm ³)	Massa (g)
6.50	50%	3.25	0.92	50%	3.25	3.64
	52%	3.38	0.95	48%	3.12	3.49
	54%	3.51	0.99	46%	2.99	3.35
	56%	3.64	1.03	44%	2.86	3.20
	58%	3.77	1.06	42%	2.73	3.05
	60%	3.90	1.10	40%	2.60	2.91
	62%	4.03	1.14	38%	2.47	2.76

3.3.5 Perlakuan Serat

Serat sisal direndam pada larutan NaOH 5% selama 30 menit. Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan komponen-komponen yang tidak diperlukan pada permukaan serat. Setelah 30 menit, serat dicuci menggunakan aquades hingga permukaan serat tidak licin. Hal ini berguna untuk meminimalisir terjadinya pembusukkan pada serat. Lalu serat dibiarkan pada suhu ruang hingga kadar airnya berkurang.

$$\% NaOH = \frac{massa_{NaOH}}{massa_{NaOH} + (Volume_{aquades} \times \rho_{aquades})} \dots\dots\dots(3.5)$$

Setelah dilakukan perendaman NaOH dan kadar air serat sisal berkurang, serat dimasukkan ke dalam gelas *beaker* 600 ml. Permukaan gelas *beaker* diberi kapas dan ditutup dengan aluminium foil agar tidak terjadi proses penguapan berlebih akibat dilakukan alkalisasi dengan larutan NaOH. Kemudian dimasukkan ke dalam *microwave* untuk dilakukan pengeringan selama 15 menit dengan daya 450 watt. Setelah selesai, serat dikeluarkan dan didinginkan pada suhu ruang.

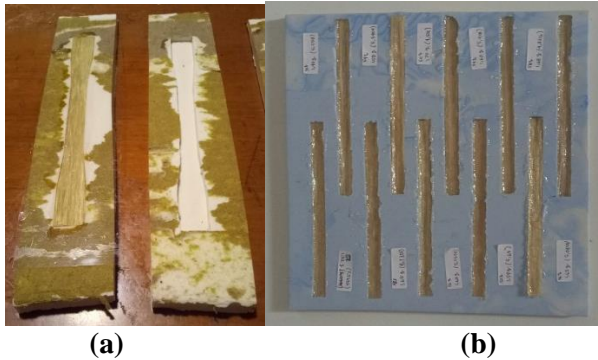


Gambar 3.3 Serat sisal (a) proses alkalisasi NaOH dan (b) persiapan pengeringan dengan microwave.

1.3.6 Pembuatan Komposit

Terdapat dua macam komposit yang akan dibuat, yakni komposit dengan serat yang telah direndam dengan larutan NaOH (perlakuan) dan komposit yang menggunakan serat tanpa proses perendaman larutan NaOH (tanpa perlakuan). Jumlah sampel yang dibuat sebanyak 84 sampel komposit dengan masing-masing 42 komposit perlakuan dan 42 komposit tanpa perlakuan.

Pembuatan komposit diawali dengan melakukan pemotongan serat sepanjang 35 cm yang kemudian disisir secara manual agar mempermudah proses pembuatan komposit. Lalu serat ditempelkan pada plastik mika menggunakan kuas dan direkatkan menggunakan PVAc untuk membuat laminat/lembaran. Sampel yang sudah berupa lembaran dipotong sesuai standar cetakan ASTM D638-02a tipe I untuk uji tarik dan standar ASTM D790-03 untuk uji bending. Setelah itu potongan sampel disusun sebanyak 6 laminat berorientasi $0^\circ, 0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, 0^\circ, 0^\circ$ dengan dilapisi resin epoxy dan *hardener* pada cetakan *silicon rubber*. Lalu sampel dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah kering, sampel komposit dikeluarkan dari cetakan dan siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 3.4 Proses pembuatan sampel komposit (a) uji tarik dan (b) uji bending.

1.4 Pengujian Sampel

1.4.1 Uji Tarik

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sampel pada posisinya dan skala mesin diatur pada posisi nol. Kemudian mesin dihidupkan hingga didapatkan nilai gaya maksimum ketika sampel mengalami patah. Uji ini dilakukan pada lima serat tunggal dengan perlakuan NaOH dan lima serat tunggal tanpa perlakuan serta pada komposit dengan perlakuan NaOH maupun komposit tanpa perlakuan. Pada serat tunggal, standar pengujian menggunakan Japan Industrial Standard (JIS R7601). Namun, sebelum dilakukan pengujian ini, diameter sampel diamati menggunakan mikroskop optik pada tiga titik yang berbeda. Kemudian untuk komposit, pengujian menggunakan standar ASTM D638-03a tipe I.

Sebelum sampel tepat mengalami patahan pada batas maksimum, sampel akan memiliki tegangan maksimum. Tegangan maksimum akan menyebabkan sampel menahan beban maksimum pada luas area penampangnya. Pada kondisi ini, sampel mengalami tegangan tarik maksimum seperti yang ditunjukkan pada persamaan 3.6.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan: σ = Tegangan tarik maksimum (N/mm^2)
 F = Beban maksimum (N)
 A = Luas area penampang (mm^2)

Selain itu, dapat diperoleh nilai regangan dengan menggunakan persamaan 3.7.

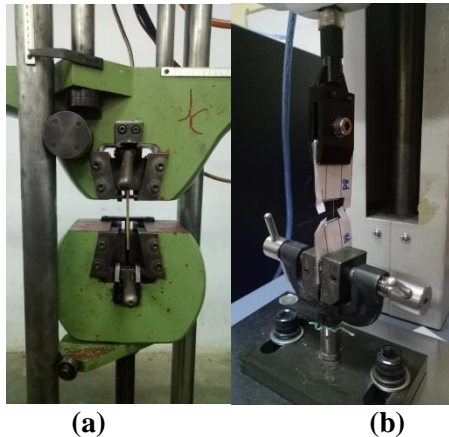
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan: ε = Regangan (%)
 ΔL = Perubahan panjang sampel (*mm*)
 L_o = Panjang mula-mula sampel (*mm*)

Pada uji tarik, pembebanan akan terus diberikan hingga sampel putus. Akibatnya, sampel akan mengalami perubahan panjang sehingga terdapat hubungan antara tegangan dan regangan yang disebut sebagai modulus elastisitas.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan: E = Modulus Elastisitas (N/mm^2)
 σ = Tegangan (N/mm^2)
 ε = Regangan



Gambar 3.5 Proses uji tarik sampel (a) komposit dan (b) serat tunggal.

1.4.2 Uji Bending

Pada penelitian ini, uji bending menggunakan metode *three point bending*, dimana bagian atas sampel terdapat 1 penekan sedangkan bagian bawah sampel terdapat 2 tumpuan yang akan mengalami penarikan. Hal tersebut akan mengakibatkan sampel mengalami patah sehingga dapat diketahui ketahanannya terhadap pembebanan yang telah diberikan. Setelah itu, dapat diperoleh nilai kuat bending dan modulus elastisitas bending dengan menggunakan persamaan 3.9 dan 3.10.

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$E_b = \frac{L^3m}{4bd^3} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan: S = Tegangan Bending (MPa)
 P = Beban atau gaya yang terjadi (N)
 L = Jarak *point* (mm)
 m = *Slope tangent* (N/mm)
 b = Lebar benda uji (mm)
 d = Ketebalan benda uji (mm)



Gambar 3.6 Proses uji bending sampel komposit.

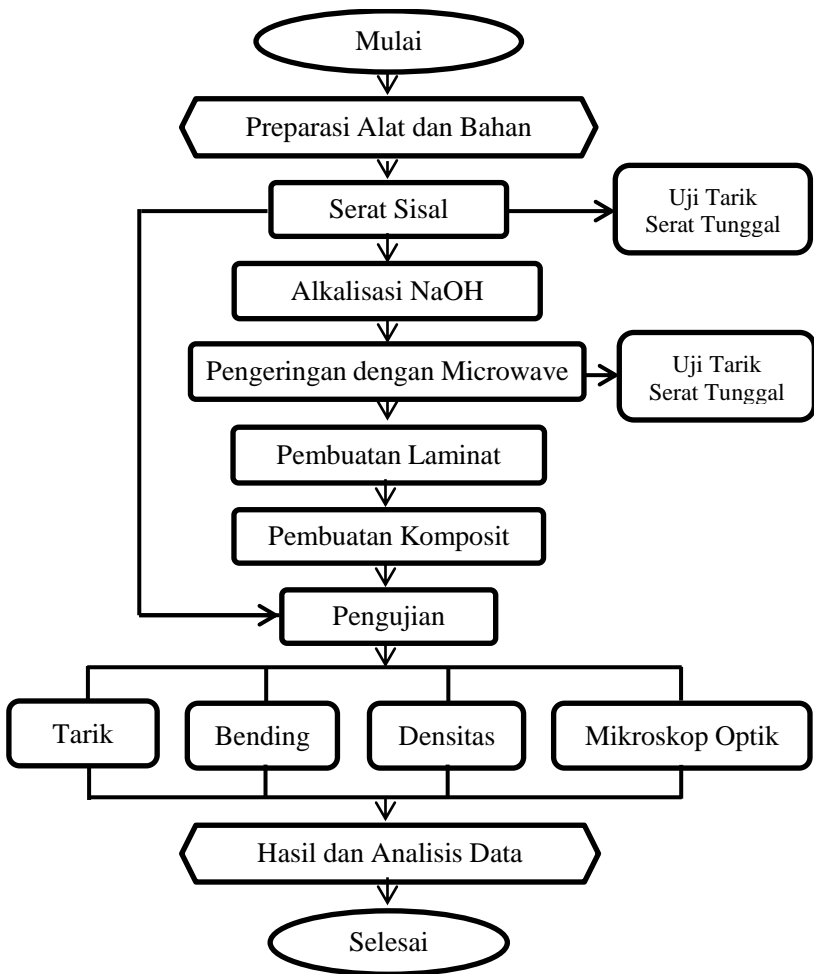
1.4.3 Pengamatan Mikroskop Optik

Pengujian fisik dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik yang dilakukan pada sampel komposit. Hasil yang akan didapatkan adalah karakteristik fisik seperti kehomogenan campuran maupun void yang terbentuk. Perbesaran yang digunakan adalah perbesaran 5 kali hingga sampel dapat diamati dengan jelas. Kemudian gambar tersebut dianalisis.



Gambar 3.7 Pengamatan mikroskop optik.

1.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Preparasi Serat Sisal

Serat yang pertama kali diperoleh dari Balittas bertekstur kasar, tidak rapi, berwarna putih kecoklatan dan banyak kotoran yang menempel (seperti pada Gambar 4.1 (a)). Oleh karena itu, mula-mula serat sisal dicuci hingga bersih dan kemudian dioven untuk mengurangi kadar airnya. Setelah melewati proses pembersihan, serat disisir dan dipotong (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 (b)) untuk dilakukan pengujian densitas.

Pengujian densitas sangat penting dilakukan karena akan digunakan untuk perhitungan komposisi massa bahan pada setiap fraksi volume yang ditentukan. Dari pengujian, densitas serat diperoleh sebesar $0,282 \text{ g/cm}^3$.



Gambar 4.1 Serat sisal (a) sebelum dibersihkan dan (b) setelah dibersihkan.

4.2 Hasil Alkalisasi dan Pengeringan Microwave pada Serat

Serat yang telah melalui tahap preparasi berwarna putih dan halus. Permukaan bahan yang halus tidak akan menghasilkan nilai pengujian yang maksimal sehingga diperlukan adanya perlakuan pada serat (Maryanti, 2011). Dengan melakukan alkalisasi menggunakan larutan NaOH 5% warna serat berubah menjadi kekuningan seperti pada Gambar 4.2. Selain itu, permukaan serat menjadi kasar dan serat kembali menyatu setiap helainya. Menurut Abdelmouleh (2007) hal ini dikarenakan ketika perendaman, NaOH bereaksi dengan struktur dan komposisi kimia pada serat.



Gambar 4.2 Serat yang telah dilakukan proses perendaman dengan larutan NaOH 5%.

Pada penelitian Maryanti (2011) yang menggunakan serat kelapa dengan alkalisasi larutan NaOH, komponen-komponen penyusun serat seperti lignin, lilin dan hemiselulosa terbawa oleh gugus OH dalam larutan basa. Oleh karena rusaknya komponen-komponen tersebut, maka komponen selulosa serat semakin meningkat dan serat termodifikasi lebih kasar sehingga kekuatan mekanis yang dihasilkan oleh serat menjadi lebih baik.

Serat sisal yang telah melewati proses kimia atau alkalisasi, kemudian diberi perlakuan fisik yakni dengan pengeringan microwave. Serat akan menyerap energi dari pemaparan gelombang mikro, lalu dirubah menjadi energi panas. Menurut Raflesia (2018), dengan waktu 15 menit dan daya 450 watt, radiasi gelombang microwave tidak akan merusak komponen selulosa serat sisal yang telah diberi perlakuan NaOH, namun akan berinteraksi dengan ikatan hidrogen pada serat dan pemecahan molekul lignin. Hal tersebut menyebabkan terjadinya penguapan dan berkurangnya kadar kelembaban karena ikatan dalam serat yang semakin rapat. Perlakuan ini menyebabkan warna serat menjadi lebih gelap kecoklatan, berserabut dan bertekstur kasar yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Serat yang telah dilakukan proses pengeringan pada microwave dengan daya 450 watt.

4.3 Hasil Pembuatan Laminat

Proses awal sebelum pembuatan komposit yakni pembuatan laminat. Laminat atau lembaran terdiri dari serat sisal yang telah direkatkan menggunakan PVAc dengan orientasi searah untuk mempermudah pembuatannya (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Laminat serat sisal (a) tanpa perlakuan dan (b) dengan perlakuan.

Setelah laminat tersusun rapi, kemudian laminat dipotong dengan orientasi 0° , 45° dan -45° sesuai standar uji tarik dan uji bending sampel komposit. Hasil orientasi laminat ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Laminat serat sisal (a) orientasi $45^\circ/-45^\circ$ dan (b) 0° .

Pada laminat serat sisal tanpa perlakuan, tekstur laminat lebih lembut daripada laminat serat sisal dengan perlakuan. Selain itu, pada laminat serat sisal dengan perlakuan masih terdapat serabut yang secara visual dapat terlihat jelas. Hal ini dikarenakan, permukaan serat yang kasar akibat perendaman larutan NaOH dan pengeringan dengan microwave.

4.4 Hasil Pembuatan Komposit

Komposit yang digunakan terdiri dari serat sisal sebagai *filler* dan resin epoxy sebagai matriks. Setelah komposit yang dibuat berjumlah masing-masing 42 sampel tanpa perlakuan dan 42 tanpa perlakuan, hasil komposit yang merupakan penggabungan dari *filler* dan matriks ini menyebabkan perubahan warna dan bentuk saja. Komposit dengan perlakuan dan tanpa perlakuan menghasilkan gradasi warna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Gradasi warna hanya terjadi pada bagian samping sampel komposit yang disebabkan karena perbedaan orientasi *filler* yang digunakan. Dimana, pada *filler* berorientasi 0° lebih cerah daripada orientasi $45^\circ/-45^\circ$. Di samping itu, komposit dengan perlakuan dan tanpa perlakuan masing-masing memiliki bentuk yang padat dan kaku pada semua variasi fraksi volume. Bentuk seperti ini menandakan bahwa komposisi fraksi volume *filler* dan matriks yang ditentukan telah sesuai dengan perencanaan dan komposit yang dihasilkan baik serta siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 4.6 Bagian samping sampel komposit.

Menurut Steven (2001) kombinasi *filler* dan matriks hanya berpengaruh pada ikatan pada permukaan molekul *filler* (ikatan fisis) saja tanpa merubah struktur ikatan kimia. Hal tersebut dikarenakan

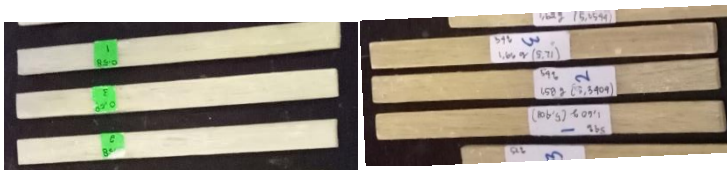
filler dan matriks tidak saling melarutkan. Oleh karena itulah, perpaduan *filler* dan matriks dapat membentuk komposit yang memiliki struktur homogen.



(a)

(b)

Gambar 4.7 Komposit sampel uji tarik (a) tanpa perlakuan (b) dengan perlakuan.



(a)

(b)

Gambar 4.8 Komposit sampel uji bending (a) tanpa perlakuan (b) dengan perlakuan.

4.5 Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang didapatkan adalah nilai uji tarik serat tunggal, uji tarik komposit, uji bending komposit, pengamatan dengan mikroskop optik dan pengukuran densitas. Uji tarik menunjukkan karakteristik mekanik yang dimiliki oleh serat maupun komposit sehingga dapat diketahui nilai kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas. Uji bending menunjukkan ketahanan komposit dalam pemberian beban yang ditunjukkan dengan nilai kuat bending dan modulus elastisitas bending. Pengamatan mikroskop optik memberikan informasi mengenai struktur mikro penyusun komposit, diameter komposit maupun serat tunggal. Sedangkan pengukuran densitas menunjukkan nilai kerapatan serat dan komposit.

4.5.1 Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal

Pengujian kuat tarik serat tunggal menunjukkan kemampuan bahan untuk menahan beban maksimum sebelum mengalami deformasi plastis. Nilai yang dihasilkan berbeda antara serat dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Data yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian mekanik serat tunggal.

Sampel	Karakteristik Mekanik		
	Kuat Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
Tanpa Perlakuan	216,096 ± 17,532	5,88 ± 1,29	3851,687 ± 821,765
Perlakuan	582,040 ± 53,651	7,82 ± 1,33	7818,430 ± 930,465

Berdasarkan Tabel 4.1 serat sisal dengan perlakuan memiliki hasil karakteristik mekanik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan. Pada sampel dengan perlakuan, nilai kuat tarik meningkat sebesar 169,3%, nilai regangan meningkat 33,11% dan nilai modulus elastisitas meningkat sebesar 103% dari hasil yang diperoleh serat sisal tanpa perlakuan. Hasil ini membuktikan bahwa perlakuan alkali serat dengan larutan NaOH dapat meningkatkan karakteristik mekanik. Dengan hasil yang telah diperoleh, maka serat sisal dengan alkalisasi NaOH dapat digunakan untuk pembuatan komposit dalam penelitian ini.

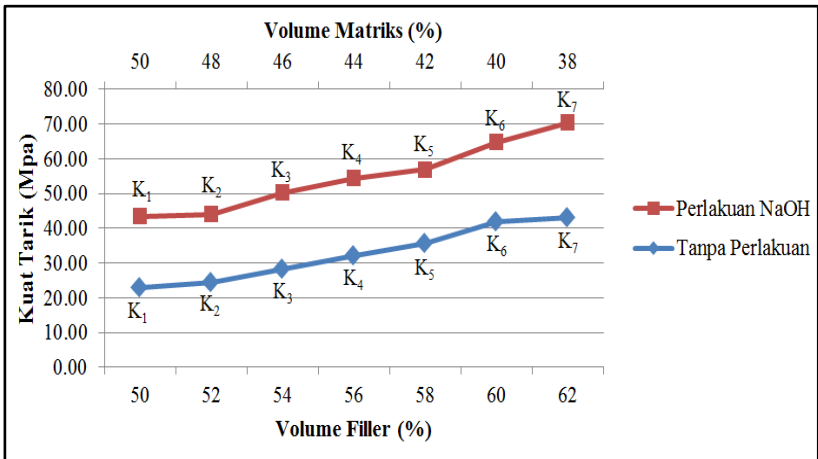
4.5.2 Hasil Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik dilakukan pada komposit hingga sampel mengalami *crack* atau rusak dengan pemberian gaya maksimum. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D638-03 dengan orientasi 0°, 0°, -45°, 45°, 0° dan 0°. Data dari hasil pengujian sifat mekanik komposit berpenguat serat sisal dan berpengikat resin epoxy dengan variasi fraksi volume *filler* dan matriks disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data nilai kuat tarik komposit.

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	23,025 ± 2,702	43,275 ± 2,674
K ₂	24,460 ± 1,256	43,901 ± 1,712
K ₃	28,120 ± 2,267	50,188 ± 2,065
K ₄	31,975 ± 3,265	54,269 ± 3,991
K ₅	35,770 ± 2,236	56,811 ± 4,301
K ₆	41,775 ± 2,124	64,643 ± 7,181
K ₇	43,043 ± 2,825	70,148 ± 5,798

Tabel 4.2 mempresentasikan hasil pengujian sifat mekanik berupa kuat tarik. Secara keseluruhan, nilai yang didapatkan bervariasi sesuai dengan karakteristik masing-masing komposit. Nilai tertinggi dihasilkan pada sampel K₇ dengan nilai kuat tarik sebesar (43,043 ± 2,825) MPa. Sedangkan nilai kuat tarik terendah dihasilkan pada sampel K₁ dengan nilai sebesar (23,025 ± 2,702) MPa. Sama halnya pada komposit yang menggunakan perlakuan alkali NaOH, hasil pengujian tidak jauh berbeda dengan komposit tanpa perlakuan. Pada sampel K₇ menghasilkan nilai kuat tarik terbesar yakni (70,148 ± 5,798) MPa. Sedangkan nilai kuat tarik terendah dihasilkan pada sampel K₁ dengan nilai sebesar (43,275 ± 2,674) MPa. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada serat dalam pembuatan komposit dapat meningkatkan kuat tarik sebesar 62,98% hingga 87,92%. Disamping itu, perlakuan alkali telah diketahui dapat meningkatkan kuat tarik bahan seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian serat tunggal.



Gambar 4.9 Grafik data nilai kuat tarik komposit.

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan grafik yang dihasilkan oleh komposit perlakuan dan komposit tanpa perlakuan terhadap volume *filler* dan matriks yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai kuat tarik kedua jenis komposit semakin meningkat dengan bertambahnya fraksi volume *filler*. Namun, terdapat perbedaan nilai kuat tarik yang signifikan dimana komposit dengan perlakuan NaOH memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maryanti (2011), peningkatan kuat tarik pada komposit perlakuan dipengaruhi oleh larutan NaOH yang dapat mengikis komponen-komponen penghambat sifat mekanik komposit. Komponen tersebut terkumpul pada mikrofibril serat. Mikrofibril membungkus lignin, pektin dan hemiselulosa sehingga dengan pengaruh larutan NaOH, mikrofibril akan terurai dan dapat meningkatkan kadar selulosa bebas pada serat. Lignin, lilin dan hemiselulosa perlu didegradasi karena sifatnya yang membuat serat menjadi rapuh. Berbeda dengan selulosa yang dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga dapat memperbaiki ikatan dalam serat. Dengan konsentrasi NaOH yang tepat, larutan ini tidak akan merusak seluruh struktur bagian dalam serat namun, akan meningkatkan sifat mekaniknya (Shahzad, 2011).

Akibat perlakuan alkali yang dilanjutkan dengan penambahan proses pemanasan pada komposit juga dapat meningkatkan nilai kuat tariknya (Widyawati, 2014). Pemaparan panas ini dapat memaksimalkan degradasi lignin dan peningkatan selulosa pada *filler*. Menurut Zehng (2009), melalui pengeringan microwave, polimer dari *filler* yang digunakan untuk pembuatan komposit akan terurai akibat pemutusan ikatan hidrogen. Hal tersebut dikarenakan oleh radiasi microwave yang dapat menyebarkan radiasi gelombang pada *filler* sehingga ketika *filler* menyerap energi pada daya dan waktu yang tepat maka, kelembaban *filler* dapat berkurang. Rendahnya kelembaban ini menyebabkan ikatan dalam serat semakin rapat. Dengan rapatnya ikatan dalam serat dan permukaan serat yang kasar maka, ketika *filler* dan matriks dipadukan, ikatan yang terjadi tersebar secara homogen dan kuat. Oleh karena itu, komposit dapat menahan gaya maksimum yang diberikan sehingga nilai kuat tarik semakin meningkat.

Selain faktor alkalisasi dan pengeringan microwave pada serat yang telah berkontribusi dalam memperbaiki sifat mekanik suatu bahan, terdapat pula faktor lain yakni, faktor komposisi *filler* dan matriks sebagai penyusun komposit. Faktor ini dapat meningkatkan kuat tarik karena dengan peningkatan fraksi volume *filler* dapat mengurangi komposisi volume matriks yang digunakan. Disamping itu, penggunaan *filler* yang lebih banyak dibandingkan jumlah matriks dapat menahan beban yang lebih maksimal, hal tersebut dikarenakan penguat yang diberikan lebih banyak daripada pengikatnya sehingga dapat menghasilkan nilai pengujian yang lebih tinggi.

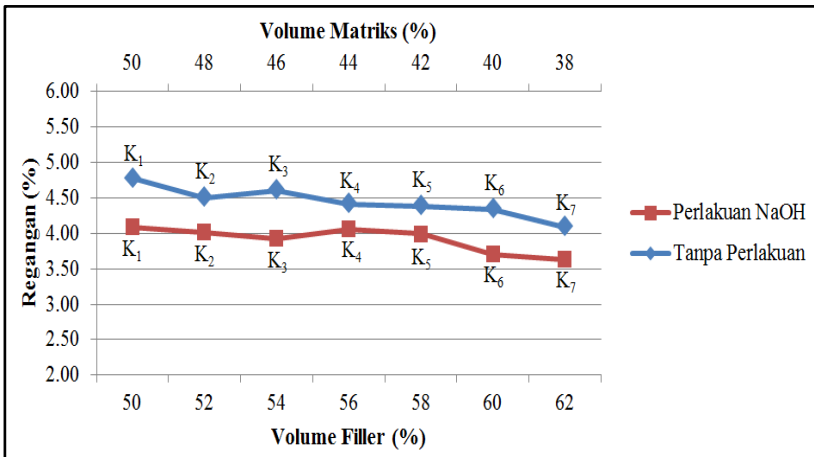
Tabel 4.3 Data nilai regangan komposit.

Sampel	Regangan (%)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	4,77 ± 0,03	4,08 ± 0,03
K ₂	4,50 ± 0,03	4,01 ± 0,03
K ₃	4,60 ± 0,03	3,92 ± 0,03
K ₄	4,41 ± 0,03	4,05 ± 0,03
K ₅	4,38 ± 0,03	3,99 ± 0,03
K ₆	4,34 ± 0,03	3,70 ± 0,03
K ₇	4,09 ± 0,03	3,63 ± 0,03

Regangan adalah pertambahan panjang suatu bahan akibat dari pemberian gaya yang terus-menerus hingga menyebabkan molekul-molekul bahan tersebut terurai dan tidak bisa kembali pada posisi semula. Selain itu, terdapat regangan maksimum yang terjadi sebelum bahan tepat mengalami patah. Nilai regangan ini didapatkan dari perbandingan perubahan panjang yang dialami sampel terhadap panjang awal yang dimilikinya.

Dari hasil pengujian, pada komposit perlakuan dan tanpa perlakuan, nilai regangan terbesar dihasilkan pada sampel K₁ sedangkan nilai terendah pada sampel K₇. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil dari nilai kuat tarik. Nilai regangan terbesar yang dihasilkan yakni (4,08 ± 0,03) % pada komposit dengan perlakuan NaOH dan (4,77 ± 0,03) % pada komposit tanpa perlakuan. Nilai regangan terendah yakni (3,63 ± 0,03) % pada komposit dengan perlakuan NaOH dan (4,09 ± 0,03) % pada komposit tanpa perlakuan. Selain itu, jika dilihat pada Tabel 4.3, terdapat fluktuasi nilai regangan pada komposit dengan perlakuan NaOH sampel K₄ dan K₅. Nilai pada sampel K₄ lebih besar dari nilai sampel K₂ dan K₃. Perbedaan nilai regangan yang terjadi masing-masing sebesar 0.04% dan 0.13%. Kemudian nilai pada sampel K₅ lebih besar dari nilai sampel K₃ dengan perbedaan sebesar 0.07%. Hal ini disebabkan oleh

perbedaan perubahan panjang yang terjadi terhadap panjang awal komposit sebelum dilakukan uji tarik.



Gambar 4.10 Grafik data nilai regangan komposit.

Gambar 4.10 menunjukkan grafik antara nilai regangan terhadap volume *filler* dan matriks. Nilai yang dihasilkan diantara kedua jenis komposit cenderung menurun. Berbeda dengan hasil kuat tarik, hasil regangan pada komposit tanpa perlakuan memiliki nilai yang lebih besar daripada komposit dengan perlakuan NaOH. Namun, keduanya memiliki persamaan nilai regangan yang cenderung menurun dengan bertambahnya fraksi volume *filler*.

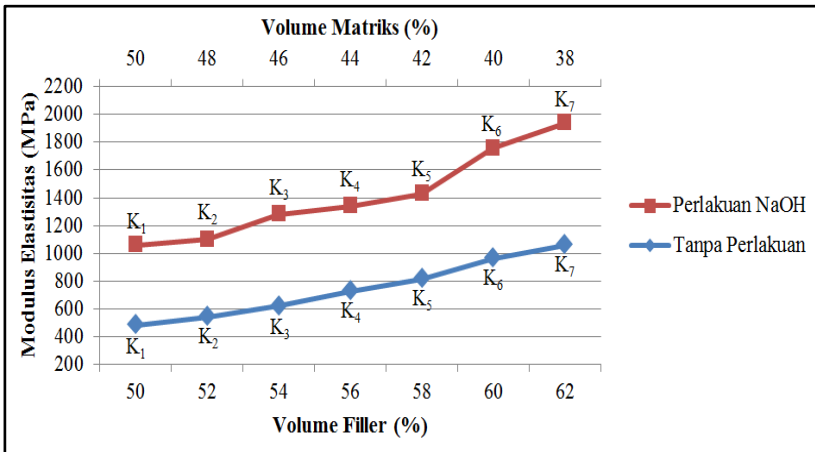
Kehomogenan campuran antara *filler* dan matriks sangat mempengaruhi nilai regangan. Apabila matriks tidak mengikat *filler* secara merata maka, sifat mekaniknya dapat menurun karena berkaitan dengan pendistribusian gaya yang akan dibebankan. Semakin kecil nilai regangan suatu bahan maka, bahan tersebut memiliki sifat keuletan yang rendah bahkan dapat bersifat getas. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa komposit tanpa perlakuan memiliki sifat kelenturan yang lebih tinggi dan bersifat lebih elastis (*ductile*) daripada komposit dengan perlakuan NaOH.

Tabel 4.4 Data nilai modulus elastisitas komposit.

Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	485,296 ± 60,417	1061,620 ± 73,997
K ₂	543,441 ± 34,506	1099,417 ± 51,971
K ₃	620,159 ± 60,867	1281,618 ± 65,662
K ₄	726,783 ± 82,422	1339,105 ± 109,456
K ₅	816,142 ± 58,254	1426,533 ± 125,377
K ₆	961,949 ± 58,434	1754,140 ± 224,822
K ₇	1057,685 ± 85,009	1932,593 ± 183,964

Selain kuat tarik dan regangan, pengujian mekanik dapat menunjukkan nilai modulus elastisitas komposit. Modulus elastisitas menggambarkan ketahanan material terhadap deformasi elastis bahan. Hasil ini diperoleh dari perbandingan antara nilai kekuatan tarik terhadap nilai regangan komposit.

Berdasarkan Tabel 4.4, pada komposit tanpa perlakuan, hasil tertinggi diperoleh pada sampel K₇ sedangkan hasil terendah pada sampel K₁. Pada sampel K₇ nilai modulus elastisitasnya sebesar (1057,685 ± 85,009) MPa dan pada sampel K₁ sebesar (485,296 ± 60,417) MPa. Selain itu, pada komposit dengan perlakuan NaOH, modulus elastisitas terbesar dihasilkan pada sampel K₇ dengan nilai (1932,593 ± 183,964) MPa. Sedangkan nilai terendah diperoleh sampel K₁ sebesar (1061,620 ± 73,997) MPa. Dengan demikian, komposit yang diberi perlakuan NaOH dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas sebesar 82,72% hingga 118,63%.



Gambar 4.11 Grafik data nilai modulus elastisitas komposit.

Grafik yang menunjukkan modulus elastisitas bahan komposit perlakuan NaOH dan komposit tanpa perlakuan terhadap volume *filler* dan matriks disajikan pada Gambar 4.11. Pada grafik tersebut terlihat bahwa modulus elastisitas kedua jenis komposit cenderung meningkat dengan bertambahnya volume *filler*. Namun nilai modulus elastisitas tertinggi dihasilkan pada komposit dengan perlakuan NaOH. Hal tersebut menunjukkan bahwa komposit dengan perlakuan NaOH memiliki sifat yang lebih kaku dibandingkan komposit tanpa perlakuan.

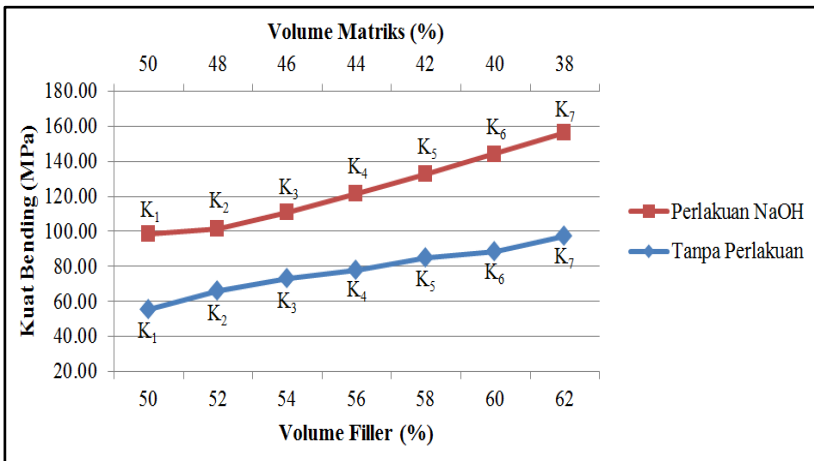
4.5.3 Hasil Pengujian Bending Komposit

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekuatan komposit akibat pemberian beban dengan menggunakan metode *three point bending*. Sampel komposit bagian atas akan mengalami penekanan sedangkan sampel bagian bawah mengalami penarikan oleh alat uji. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D790-03. Data yang dihasilkan diperoleh ketika bagian bawah sampel komposit mengalami patah karena beban tarik yang diberikan tidak dapat ditahan. Nilai dari hasil pengujian komposit pun bervariasi seiring dengan perbedaan fraksi volume yang digunakan.

Tabel 4.5 Data nilai kuat bending komposit.

Sampel	Kuat Bending (MPa)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	55,657 ± 8,569	98,730 ± 10,420
K ₂	66,193 ± 4,835	101,575 ± 8,042
K ₃	73,205 ± 3,737	111,146 ± 14,382
K ₄	77,913 ± 7,950	121,466 ± 16,624
K ₅	84,822 ± 6,380	132,988 ± 16,861
K ₆	88,523 ± 10,457	144,297 ± 16,310
K ₇	97,507 ± 17,082	156,332 ± 19,717

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kuat bending yang didapatkan dari komposit tanpa perlakuan dan dengan perlakuan NaOH ditunjukkan pada Tabel 4.5. Pada komposit tanpa perlakuan, nilai kuat bending terbesar dimiliki oleh sampel K₇ sebesar (97,507 ± 17,082) MPa dan nilai kuat bending terendah dimiliki oleh sampel K₁ sebesar (55,657 ± 8,569) MPa. Sama halnya dengan hasil pengujian pada komposit tanpa perlakuan, nilai kuat bending pada komposit dengan perlakuan NaOH memiliki nilai terbesar pada sampel K₇ dan nilai kuat bending terendah diperoleh pada sampel K₁. Pada sampel K₇, nilai kuat bending komposit dengan perlakuan NaOH adalah (156,332 ± 19,717) MPa. Sedangkan pada sampel K₁, nilai kuat bendingnya adalah (98,730 ± 10,420). Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa komposit dengan perlakuan NaOH dapat meningkatkan nilai kuat bending. Peningkatan hasil kuat bending berkisar antara 60,33% hingga 77,39%.



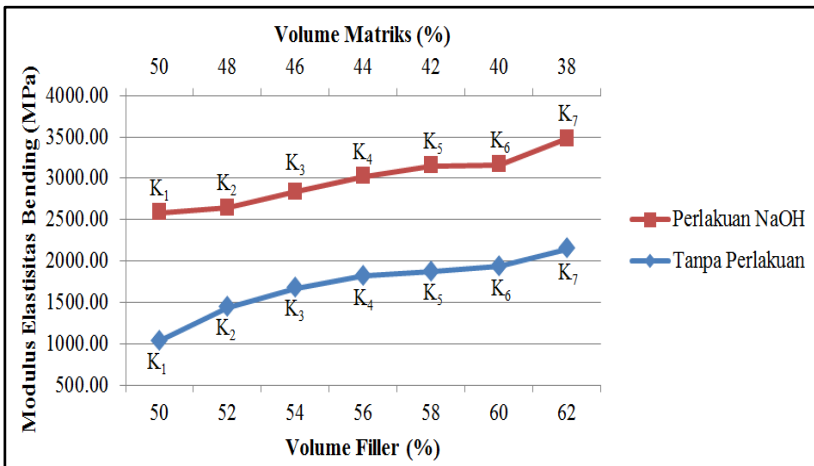
Gambar 4.12 Grafik data nilai kuat bending komposit.

Kuat bending komposit dengan perlakuan NaOH dan komposit tanpa perlakuan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.12. Masing-masing komposit mengalami kenaikan nilai kuat bending dengan adanya penambahan fraksi volume *filler*. Namun, nilai kuat bending yang dihasilkan oleh komposit dengan perlakuan NaOH lebih tinggi daripada komposit tanpa perlakuan alkali. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit dengan perlakuan NaOH dapat menahan beban yang lebih tinggi. Beban bending yang diberikan dapat ditahan oleh matriks yang kemudian diteruskan merata pada *filler*. Apabila kandungan *filler* yang dimiliki komposit semakin besar, maka beban yang dapat ditahan oleh masing-masing *filler* semakin kecil. Oleh sebab itu, peningkatan fraksi volume *filler* pada komposit dapat meningkatkan nilai kuat bendingnya.

Tabel 4.6 Data nilai modulus elastisitas bending komposit.

Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	1031,93 ± 254,26	2581,25 ± 521,86
K ₂	1439,28 ± 175,78	2642,09 ± 382,38
K ₃	1669,44 ± 180,84	2833,75 ± 647,90
K ₄	1818,28 ± 453,12	3022,45 ± 679,20
K ₅	1867,16 ± 355,71	3148,43 ± 702,89
K ₆	1934,72 ± 365,82	3162,75 ± 668,70
K ₇	2147,35 ± 582,32	3477,85 ± 737,99

Selain kuat bending, pengujian bending juga menghasilkan nilai modulus elastisitas. Dari hasil pengujian, nilai modulus elastisitas bending komposit tanpa perlakuan dan komposit dengan perlakuan NaOH sebanding dengan nilai kuat bendingnya. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai terbesar yang dihasilkan pada kedua jenis komposit berada pada sampel K₇ dan nilai terendah pada sampel K₁. Pada komposit tanpa perlakuan nilai modulus elastisitas bending tertinggi sebesar (2147,35 ± 582,32) MPa dan pada komposit dengan perlakuan nilai modulus elastisitas bending tertinggi sebesar (3477,85 ± 737,99) MPa. Sementara itu, nilai modulus elastisitas bending terendah pada komposit tanpa perlakuan dan komposit dengan perlakuan NaOH masing-masing sebesar (1031,93 ± 254,26) MPa dan (2581,25 ± 521,86) MPa. Dari nilai yang didapat, peningkatan nilai modulus elastisitas komposit dengan perlakuan penambahan NaOH mencapai 61,96% hingga 150,14%.

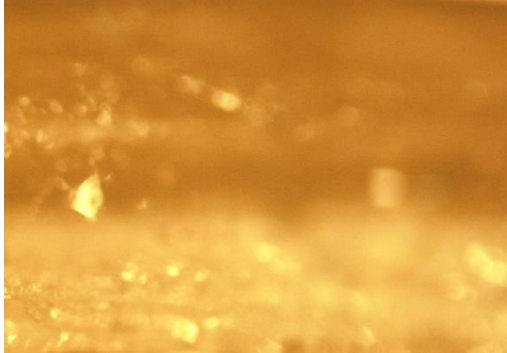


Gambar 4.13 Grafik data nilai modulus elastisitas bending komposit.

Dari hasil pengujian, dapat diperoleh grafik nilai modulus elastisitas bending komposit dengan perlakuan NaOH dan komposit tanpa perlakuan terhadap fraksi volume *filler* dan matriks yang ditunjukkan pada Gambar 4.13. Nilai modulus elastisitas kedua jenis komposit cenderung mengalami peningkatan dengan penambahan volume *filler*. Hal ini berbanding lurus dengan nilai kuat bending yang telah dihasilkan. Semakin besar nilai kuat bending komposit maka, nilai modulus elastisitasnya pun semakin besar. Selain itu, dari grafik dapat diketahui bahwa komposit dengan perlakuan NaOH menghasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan perlakuan NaOH pada serat untuk pembuatan komposit dapat meningkatkan sifat kekakuannya. Menurut Rahman (2008), sifat ini disebabkan oleh komponen lignin yang telah terkikis larutan NaOH sehingga menyebabkan matriks dapat mengikat *filler* secara optimal. Selain itu, dengan penambahan fraksi volume *filler* dapat menurunkan defleksi yang terjadi karena volume matriks yang digunakan sedikit.

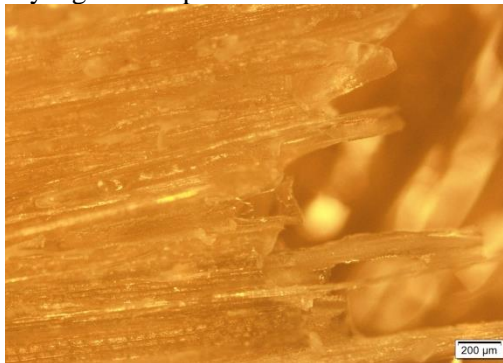
4.5.4 Hasil Pengamatan Mikroskop Optik

Pengamatan menggunakan mikroskop optik memberikan informasi visual dari campuran antara *filler* dan matriks dan struktur permukaan komposit yang telah dibuat. Seluruh pengamatan mikroskop optik pada penelitian ini, menggunakan perbesaran 5x.



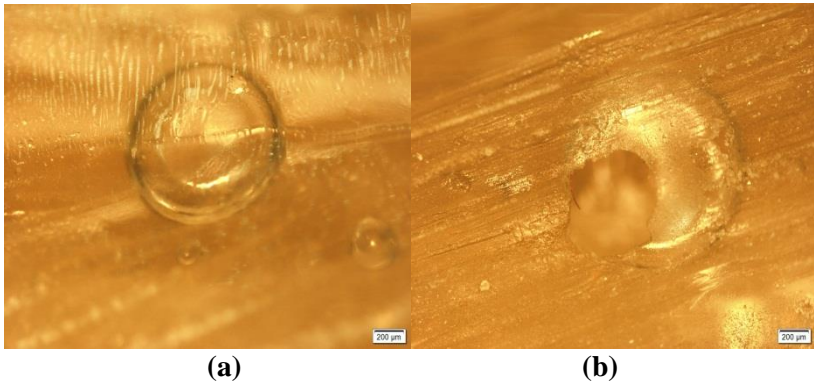
Gambar 4.15 Permukaan komposit sampel K₅ pengulangan kedua.

Gambar 4.15 menunjukkan persebaran matriks pada *filler* yang merata sehingga dapat menghasilkan daya ikat komposit yang baik. Hal tersebut juga ditunjukkan pada Gambar 4.16. Kehomogenan campuran terlihat pada patahan komposit akibat pengujian yang telah dilakukan. Namun, ada beberapa serat yang memiliki jarak yang tidak rapat dan tidak sama.



Gambar 4.16 Patahan komposit sampel K₆ pengulangan ketiga.

Komposit yang telah dibuat, tidak semuanya dalam kondisi baik. Namun, terdapat kerusakan pada beberapa sampel komposit yang ditunjukkan pada Gambar 4.17. Gambar (a) menunjukkan void atau gelembung yang terjadi akibat terperangkapnya udara pada lapisan matriks maupun diantara sela-sela serat. Sedangkan gambar (b) menunjukkan terjadinya celah atau rongga pada permukaan komposit. Kedua jenis kerusakan ini disebabkan karena proses laminasi matriks pada *filler* dilakukan satu per satu hingga laminat ke-6 tertutup. Apabila proses laminasi yang dilakukan terlalu lama, mengakibatkan matriks cepat kering dan mengeras sehingga *filler* dan matriks tidak dapat bercampur dengan baik. Selain itu, setelah dilakukan laminasi, komposit dibiarkan pada suhu ruang tanpa diberi penekanan sehingga komposit yang dihasilkan dapat menyebabkan cacat pada komposit.



Gambar 4.17 Cacat pada komposit sampel K₂ pengulangan ketiga.

4.5.5 Hasil Densitas Komposit

Pengukuran densitas menghasilkan nilai kerapatan yang dimiliki oleh komposit dengan perlakuan dan komposit tanpa perlakuan. Nilai densitas diperoleh dari persamaan 3.1 yang disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data hasil pengukuran densitas komposit.

Sampel	Densitas (g/cm ³)	
	Tanpa Perlakuan	Perlakuan NaOH
K ₁	1,17 ± 0,06	1,26 ± 0,10
K ₂	1,17 ± 0,08	1,15 ± 0,08
K ₃	1,16 ± 0,16	1,15 ± 0,10
K ₄	1,06 ± 0,18	1,14 ± 0,06
K ₅	1,05 ± 0,06	1,14 ± 0,08
K ₆	1,03 ± 0,10	1,04 ± 0,05
K ₇	0,92 ± 0,18	1,06 ± 0,13

Data hasil densitas pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai densitas komposit dengan perlakuan dan tanpa perlakuan cenderung menurun terhadap adanya peningkatan fraksi volume *filler*. Pada komposit tanpa perlakuan, densitas terbesar dihasilkan pada sampel K₂ dengan nilai (1,17 ± 0,08) g/cm³. Sedangkan pada komposit dengan perlakuan NaOH, densitas terbesar berada pada sampel K₁ dengan nilai (1,26 ± 0,10) g/cm³. Nilai densitas terendah, dihasilkan pada komposit tanpa perlakuan pada sampel K₇ sebesar (0,92 ± 0,18) g/cm³. Sedangkan pada komposit dengan perlakuan, nilai densitas terendah pada sampel K₆ sebesar (1,04 ± 0,05) g/cm³. Penyimpangan-penyimpangan tersebut dapat terjadi karena distribusi matriks pada *filler* kurang merata sehingga kerapatan yang dihasilkan rendah. Dari data di atas, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya volume *filler* pada komposit, densitas yang dihasilkan semakin rendah karena densitas *filler* mendominasi densitas komposit daripada densitas matriksnya.

4.5.6 Perbandingan Hasil Pengujian terhadap Standar BKI

Pemanfaatan komposit dari *filler* serat sisal dan matriks resin epoxy akan digunakan pada pembuatan material lambung kapal. Namun, penggunaan komposit di bidang ini harus memiliki klasifikasi sesuai standar yang telah ditentukan yakni, standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Karakteristik yang dibutuhkan adalah kuat tarik, modulus elastisitas tarik, kuat bending dan modulus

elastisitas bending. Hasil yang perlu dibandingkan antara komposit dengan standar BKI yang harus dipenuhi ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data perbandingan hasil penelitian terhadap standar BKI.

Properties	Standar BKI (MPa)	Hasil Penelitian (MPa)	Rasio Hasil (%)	Ket.
Kuat Tarik	98	$70,148 \pm 5,798$	71,50	Tidak Memenuhi
Modulus Elastisitas	6860	$1932,593 \pm 183,964$	28,14	Tidak Memenuhi
Kuat Bending	147	$156,332 \pm 19,717$	106,34	Memenuhi
Modulus Elastisitas Bending	6860	$3477,848 \pm 737,990$	50,69	Tidak Memenuhi

Nilai yang digunakan untuk membandingkan rasio hasil penelitian terhadap standar BKI adalah nilai komposit yang paling maksimum. Namun, dari keempat karakteristik yang harus dipenuhi, hanya kuat bending yang memenuhi standar tersebut. Hasil kuat bending yang diperoleh telah mencapai 106,34% dari standar uji. Untuk kuat tarik hanya memenuhi 71,50%, modulus elastisitas tarik 28,14% dan modulus elastisitas bending 50,69%. Dari nilai-nilai tersebut, menunjukkan bahwa komposit dengan *filler* serat sisal dan matriks resin epoxy belum memenuhi standar BKI.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan fraksi volume penguat dan penurunan fraksi volume matriks dapat meningkatkan sifat mekanik komposit.
2. Perlakuan alkalisasi NaOH 5% dan pengeringan microwave dengan daya 450 watt selama 15 menit pada serat dapat menghasilkan sifat mekanik serat dan komposit yang tinggi.
3. Nilai sifat mekanik tertinggi dicapai oleh komposit berfraksi volume *filler* dan matriks 62%-38% dengan nilai kuat tarik sebesar $(70,148 \pm 5,798)$ MPa, modulus elastisitas tarik sebesar $(1932,593 \pm 183,964)$ MPa, kuat bending sebesar $(156,332 \pm 19,717)$ MPa dan modulus elastisitas bending sebesar $(3477,848 \pm 737,990)$ MPa.
4. Sifat mekanik komposit berpenguat serat sisal dan berpengikat resin epoxy belum memenuhi standar BKI.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya yakni pencetakan komposit sebaiknya dilakukan penekanan untuk meminimalisir terjadinya cacat pada komposit. Selain itu, sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut pada komposit yang menghasilkan sifat mekanik yang paling tinggi yakni pada fraksi volume *filler* dan matriks 62%-38%.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmouleh, M. 2007. *Short Natural Fibre Reinforced Polyethylene and Natural Rubber Composites: Effect of Silane Coupling Agents and Fibre Loading*. Journal of Composite Science and Technology. Vol.7-8, No:1627-1639.
- Agung, Fatikh Catur Wahyudi. 2012. *Pengaruh Filler Serat Pisang Abaka terhadap Kekuatan Bending pada Biokomposit dengan Matriks Berbasis Ubi Kayu*. Jurnal Teknik Mesin. Vol.1, No:1.
- Arthanarieswaran, V.P., A. Kumaravel, M. Kathirselvam. 2014. *Evaluation of Mechanical Properties of Banana and Sisal Fiber Reinforced Epoxy Composites: Influence of Glass Fiber Hybridization*. Journal of Materials and Design. Vol.64, No:194-202.
- Basuki, Teger dan Lia Verona. 2017. *Manfaat Serat Sisal dan Bambu untuk Memenuhi Kebutuhan Masyarakat Modern*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Vol.11, No.2.
- Bisanda, E.T.N., Ansell M.P. 1991. *The Effect of Silane Treatment on the Mechanical and Physical Properties of Sisal-Epoxy Composites*. Journal of Composites Sciences and Technology No.41, 165-178.
- Daulay, Syahrinal Anggi, Fachry Wirathama, Halimatuddahlia. 2014. *Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No:3.
- Delly, J., Aminur, Loman Leo. 2016. *Analisa Mampu Redam Komposit Polyester Diperkuat Serat Batang Pisang*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. Vol.1, No:1.
- Effendi, Ervan. 2015. *Analisa Kekuatan Pipa Komposit Serat Batang Pisang Polyester yang Disusun Dua Lapis Serat 25°/-25° terhadap Pengujian Tarik dengan Variasi Temperatur Ruang Uji*. (Tugas Akhir). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gioello, Debbie Ann. 1982. *Understanding Fabrics*. New York: Fairchild Publication.

- Kingston, R.S. 1997. *Solvent Free Accelerated Organic Synthesis Using Microwaves*. Journal of Chemical. Washington: Vol 73, No:193-1998.
- Khamid, Abdul dan Setyoko. 2011. *Rancang Bangun Alat Uji Bending Sistem Hidrolik dan Hasil Pengujian untuk Bahan Uji Besi Cor*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Diponegoro.
- Koesmadji, Wirjosoemarto. 1999. *Teknik Laboratorium*. Bandung: Universitas Indonesia.
- Kurniawan, K. 2012. *Uji Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Serat Agave Cantula Roxb (Nanas) Anyaman 2D pada Fraksi Berat (40%, 50%, 60%)*. (Tugas Akhir). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kusumastuti, Adhi. 2009. *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*. Semarang: Jurnal Kompetensi Teknik Vol.1, No:1.
- Liu, T. 2004. *Fracture Behaviour of Interacaleted Epoxy/ Clay Nanocomposites*. Journal of Apllied Polymer Science. New York: Vol.94, No: 1236 – 1244.
- Lokantara, I. P., 2010. *Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa*. Univeristas Udayana: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.
- Maryanti, Budha., A. As'ad Sonief & Slamet Wahyudi. 2011. *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa – Poliester terhadap Kekuatan Tarik*. Malang: Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No:123 – 129.
- Matthew dan Rawlings. 1994. *Composit Materials: Engineering and Science*. London: Chapman and Hall.
- Noerati, Gunawan, M. Ichwan, Atin Sumihartini. 2013. *Teknologi Tekstil*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil.
- Prasetya, A., Widhiyanuraiyawan, D. & Sugiarto. 2012. *Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Kandungan Gas CO₂ dalam Proses Purifikasi Biogas Sistem Continue*. Malang: Universitas Brawijaya.

- Prasetyo, Sandi E. 2015. *Pengaruh Waktu Rendam Bahan Kimia NaOH terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Bulu Kambing sebagai Fiber dengan Matrik Polyester*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Rahman, Budi N., Totok Suwanda & Kuncoro Diharjo. 2008. *Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Vol.11, No:207-217.
- Santoso, B. 2009. *Peluang Pengembangan Agave sebagai Sumber Serat Alam*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat.
- Shahzad, A. 2011. *Effect of Fibre Surface Treatments on Mechanical Properties of Hemp Fibre Composites*. Journal of Composites. Vol.18, No:737-754.
- Steven, M., P. 2001. *Polymer Chemistry an Introduction*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suryanto, H., Marsyahyo, E., Irawan, Y.S., Soenoko, R. 2014. *Morphology, Structure and Mechanical Properties of Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (Fimbristylis globulosa)*. Journal of Natural Fibers. Vol.11, No:333-351.
- Widyawati, Niken L. dan Bambang D. A. 2014. *Pemanfaatan Microwave dalam Proses Pretreatment Degradasi Lignin Ampas Tebu (Bagasse) pada Produksi Bioetanol*. Jurnal: Teknologi Pertanian. Malang: Vol.15, No:1-6.
- Zheng, Y., Pan Z dan Zhang R. 2009. *Overview of Biomass Pretreatment for Cellulosic Ethanol Production*. Journal of Agricultural Biology. Vol.2, No:51-68.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)